



Für die Vollständigkeit und Richtigkeit der einzelnen Inhalte der Vorlesung 61-020 „Einführung in die Pflanzenphysiologie“ kann keine Gewähr übernommen werden.

Es ist nicht gestattet, diese Vorlesung oder Teile dieser Vorlesung ohne ausdrückliche Genehmigung der Dozentinnen und Dozenten für die Wiedergabe im Druck, Vorträge oder eine andere Art der Veröffentlichung, auch nicht im Internet, zu verwenden. Für Teile der Abbildungen liegen die Rechte bei Buchverlagen, wissenschaftlichen Zeitschriften oder bei den Dozentinnen und Dozenten dieser Veranstaltung.

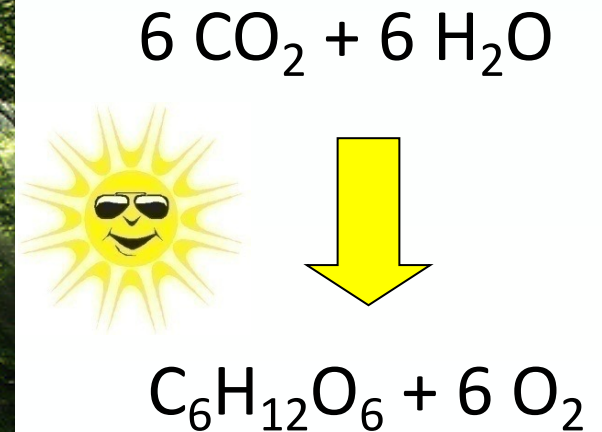
Hamburg, 14.11. 2022

Prof. Stefan Hoth

Geplanter Ablauf der Vorlesung

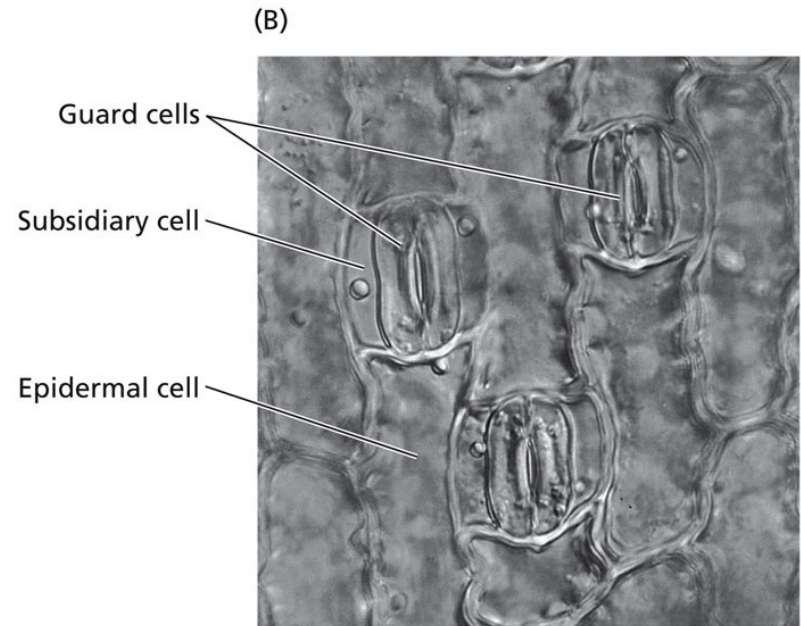
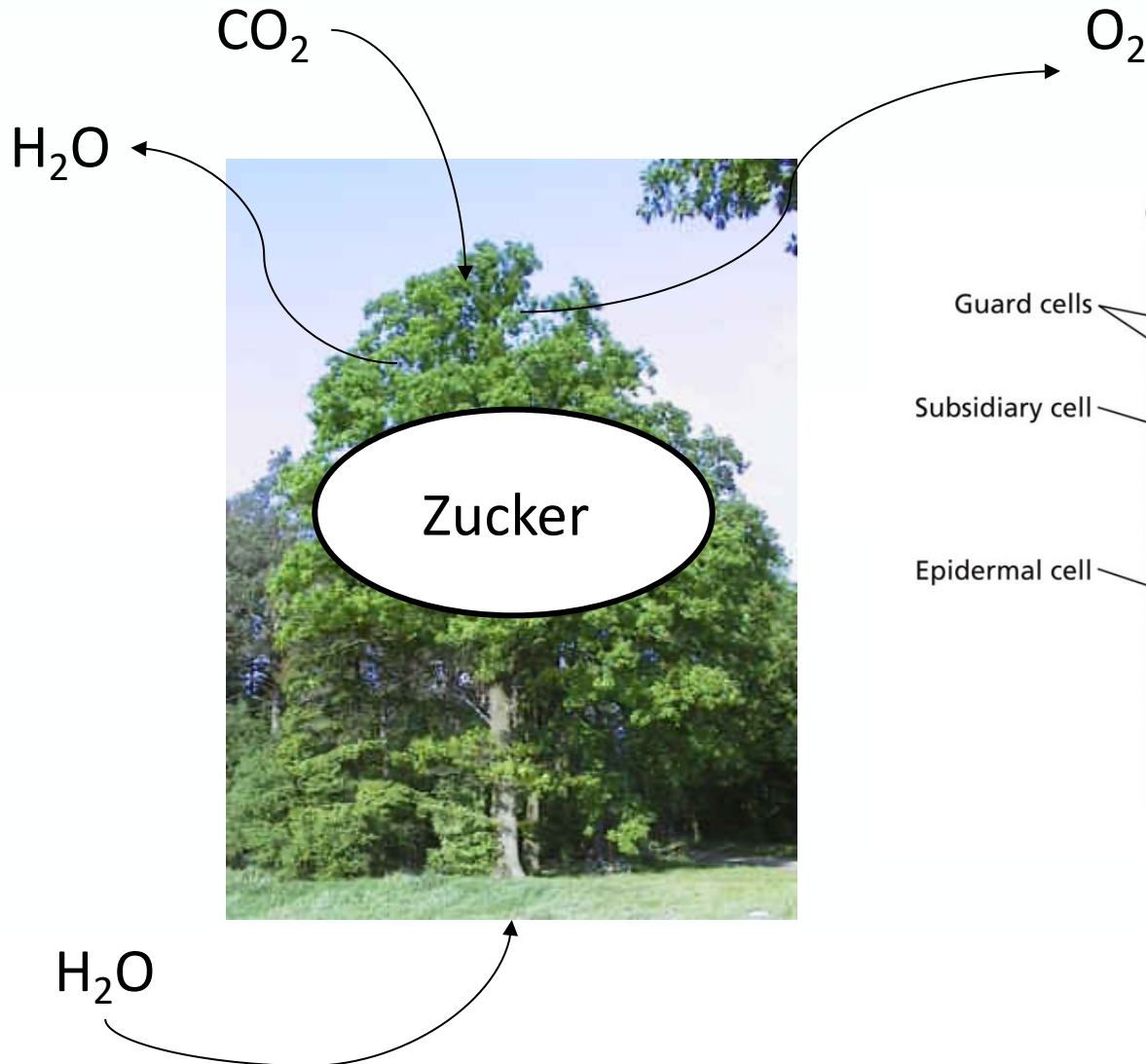
17. Oktober 2022	Wasserhaushalt
24. Oktober 2022	Mineralstoffernährung
7. November 2022	Mineralstoffernährung/ Bodenkunde
14. November 2022	Photosynthese
21. November 2022	Photosynthese
28. November 2022	Photosynthese
5. Dezember 2022	Photosynthese
12. Dezember 2022	Photosynthese
19. Dezember 2022	Pflanzenhormone
9. Januar 2023	Pflanzenhormone
16. Januar 2023	Pflanzenhormone
23. Januar 2023	Photosynthese/ Licht als Entwicklungsstimulus
30. Januar 2023	Licht als Entwicklungsstimulus

Pflanzen sind photoautotroph



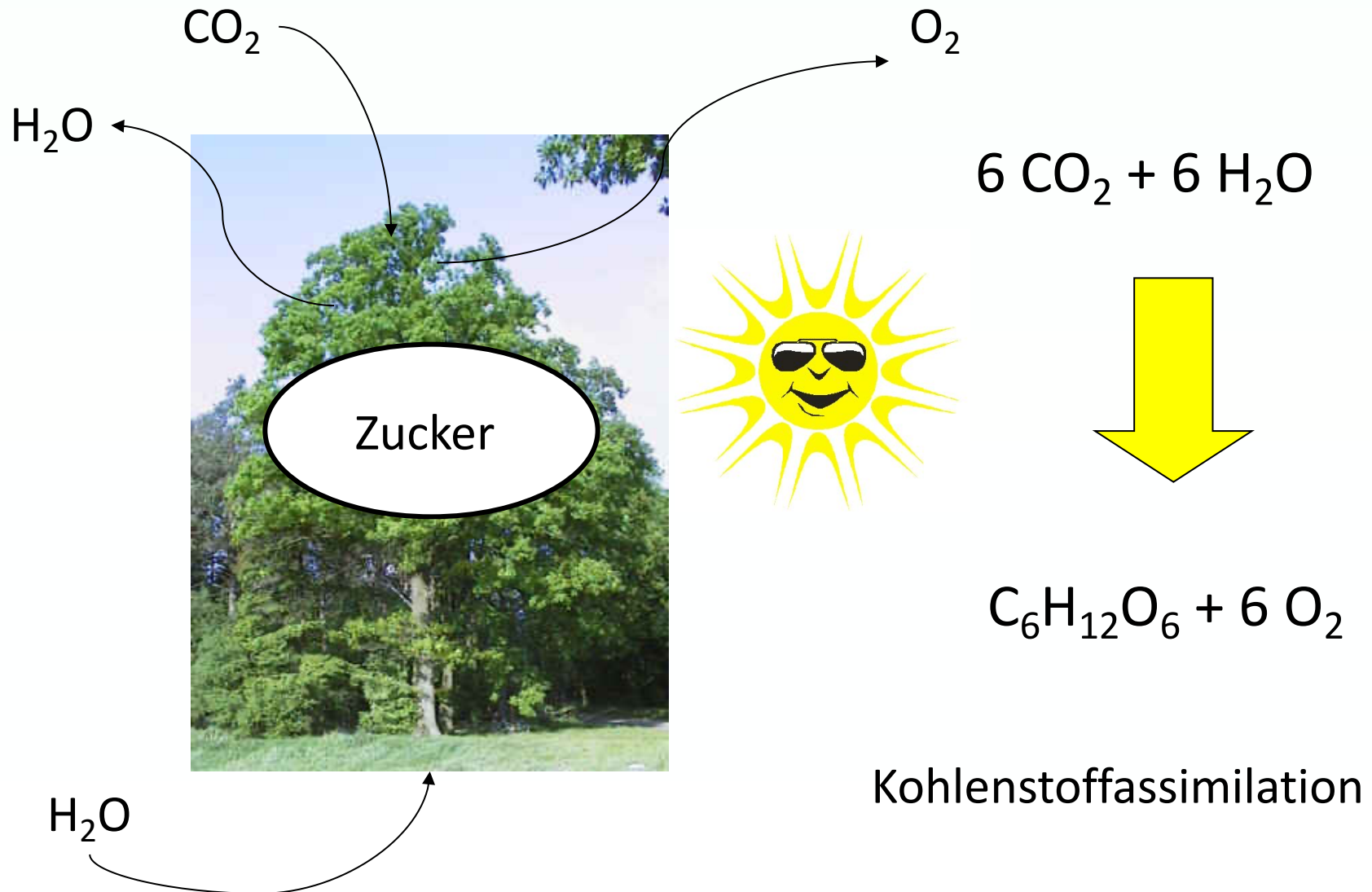
Alles Leben auf der Welt hängt von Pflanzen ab!

Die Grundlage des Lebens



PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 4.14 (Part 2) © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Die Grundlage des Lebens



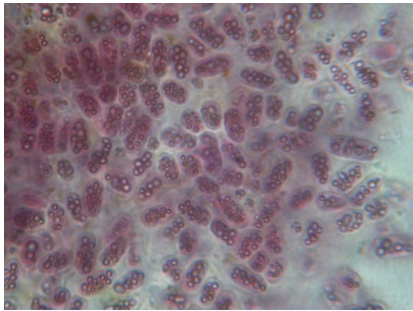
Die Photosynthese ist alt...



... ca. 3.5 Mrd Jahre

17x Campbell von der Erde zum Mond (60 BILLIONEN Exemplare)

Zur Photosynthese fähige Organismen



Die Grundlage des Lebens

16. Jh	J. Baptista Van Helmonts	pflanzte einen Weidenbaum und fand die Bedeutung der Photosynthese
--------	--------------------------	--

82 kg Zunahme der Masse

66 kg Wasser

⇒ 16 kg Trockengewichtszunahme

⇒ Aufnahme von Bestandteilen aus der Luft

Jahr 1

2,5 kg Baum

100 kg Erde



Jahr 5

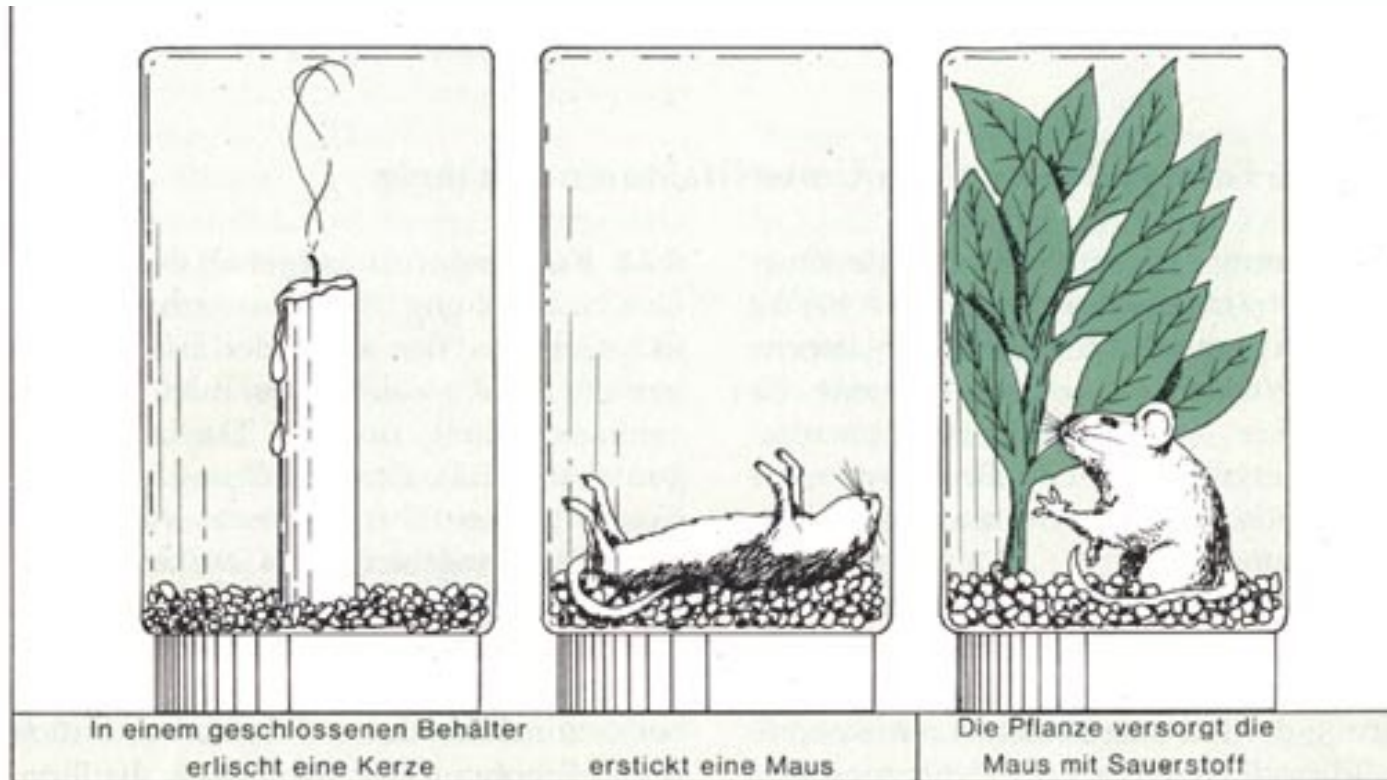
84,5 kg Baum

99,94 kg Erde



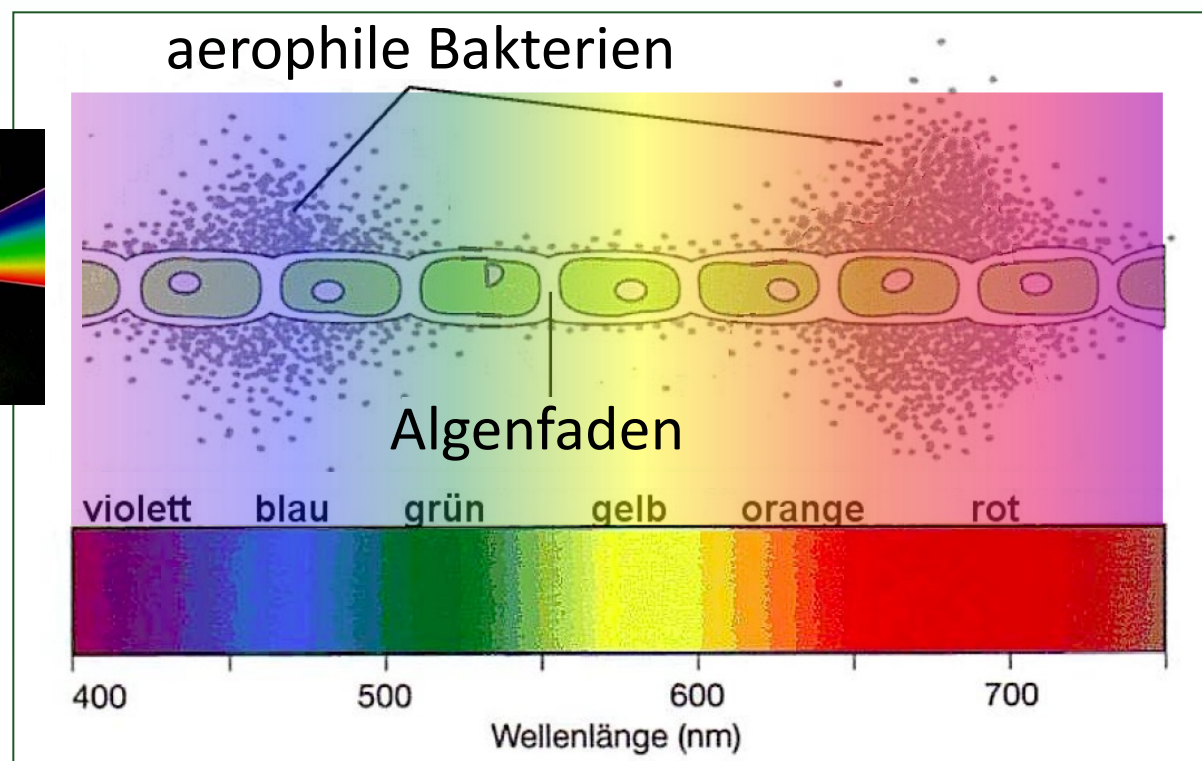
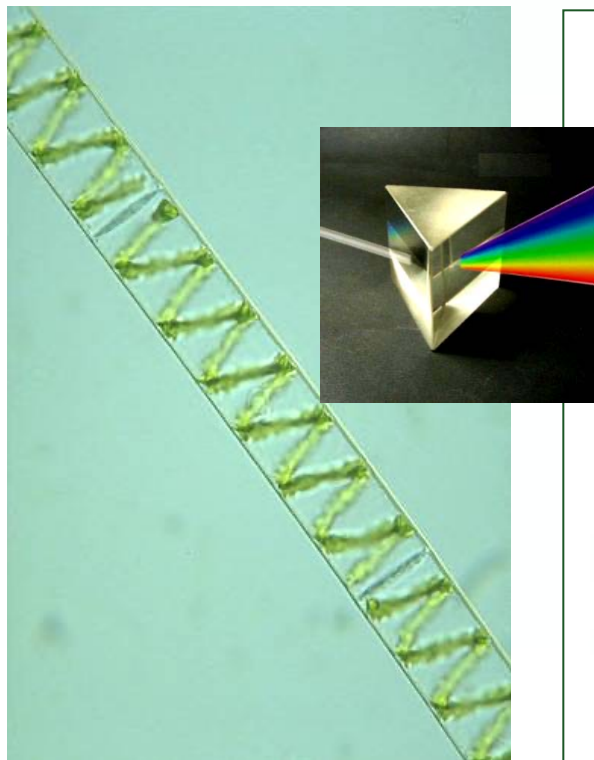
Pflanzen liefern Sauerstoff

1771	Joseph Priestley	Tiere überleben in luftdicht abgeschlossenen Räumen sehr viel länger , wenn Pflanzen anwesend sind. Zwar beobachtete er, dass seine Versuche nachts anders abliefen als am Tag, fand dafür aber keine Erklärung.
1779	Jan Ingenhousz	Beschreibung, dass Pflanzen nur im Licht Sauerstoff herstellen , im Dunklen dagegen Kohlenstoffdioxid abgeben. ⇒ Entdeckung der Photosynthese.



Die Photosynthese nutzt Lichtenergie

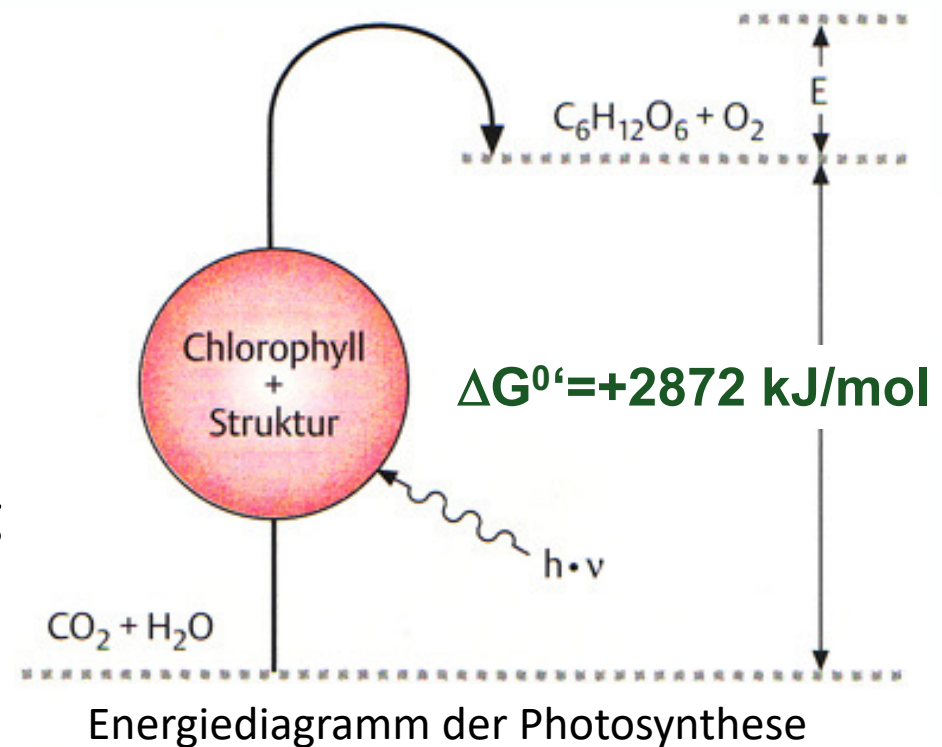
1783	Jean Senebier	Nachweis, dass Pflanzen im Licht nur Sauerstoff herstellen, wenn gleichzeitig CO_2 anwesend ist.
1804	Nicolas Théodore de Saussure	Durch sehr exakte Messungen (Abwiegen der Gase) wird nachgewiesen, dass Pflanzen für Photosynthese auch Wasser benötigen .
1882	Wilhelm Engelmann	Entdeckung, dass die Photosynthese im blauen und roten Licht besonders effizient ist.



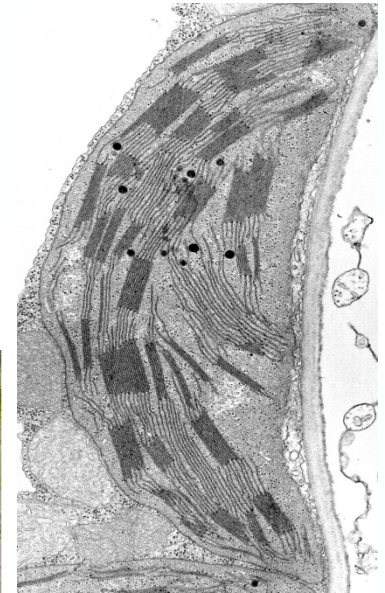
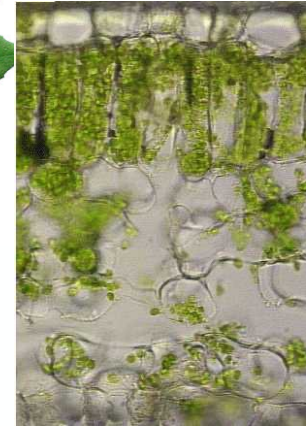
Lichtenergie wird zu chemischer Energie

1845	Julius Robert von Meyer	Beschreibung, dass Lichtenergie in chemische Energie , gespeichert im Zucker, umgewandelt wird.
------	-------------------------	--

- Lichtabsorption
- Energieumwandlung
- Sauerstoffproduktion
- Elektronenübertragung
- Enzymatischer Stoffwechselweg
(CO_2 wird reduziert $\Rightarrow$ **Kohlehydrat**)

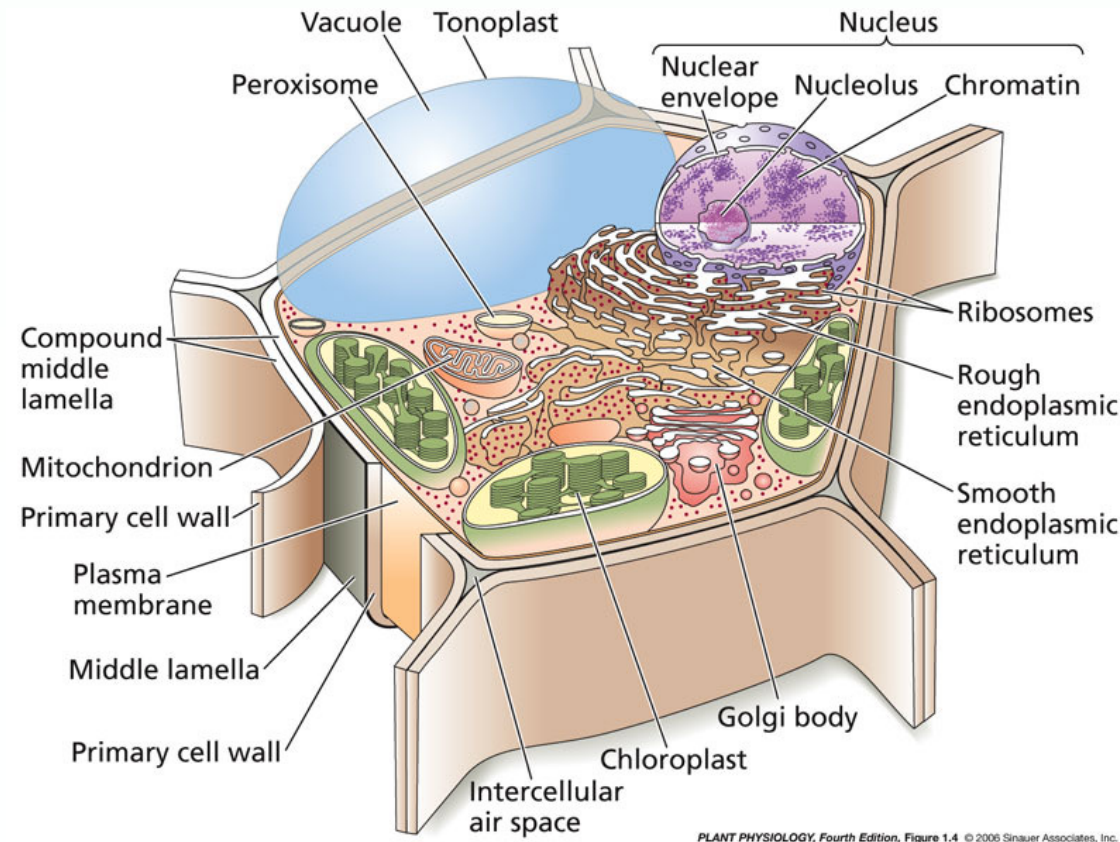


Ort der Photosynthese



ca. 40 Chloroplasten / Mesophyllzelle
 $\approx 5 \times 10^6$ Chloroplasten / mm^2

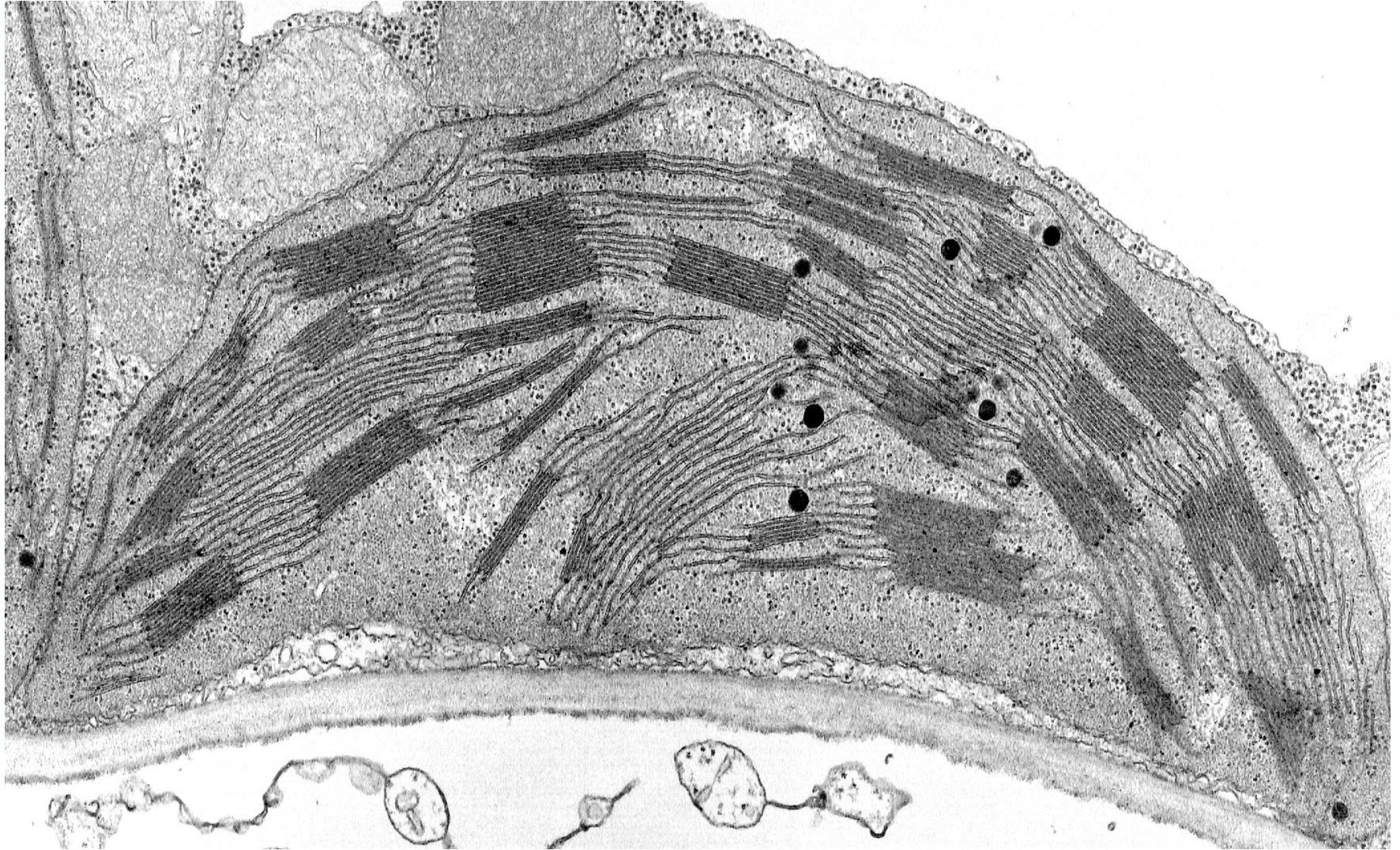
Ort der Photosynthese



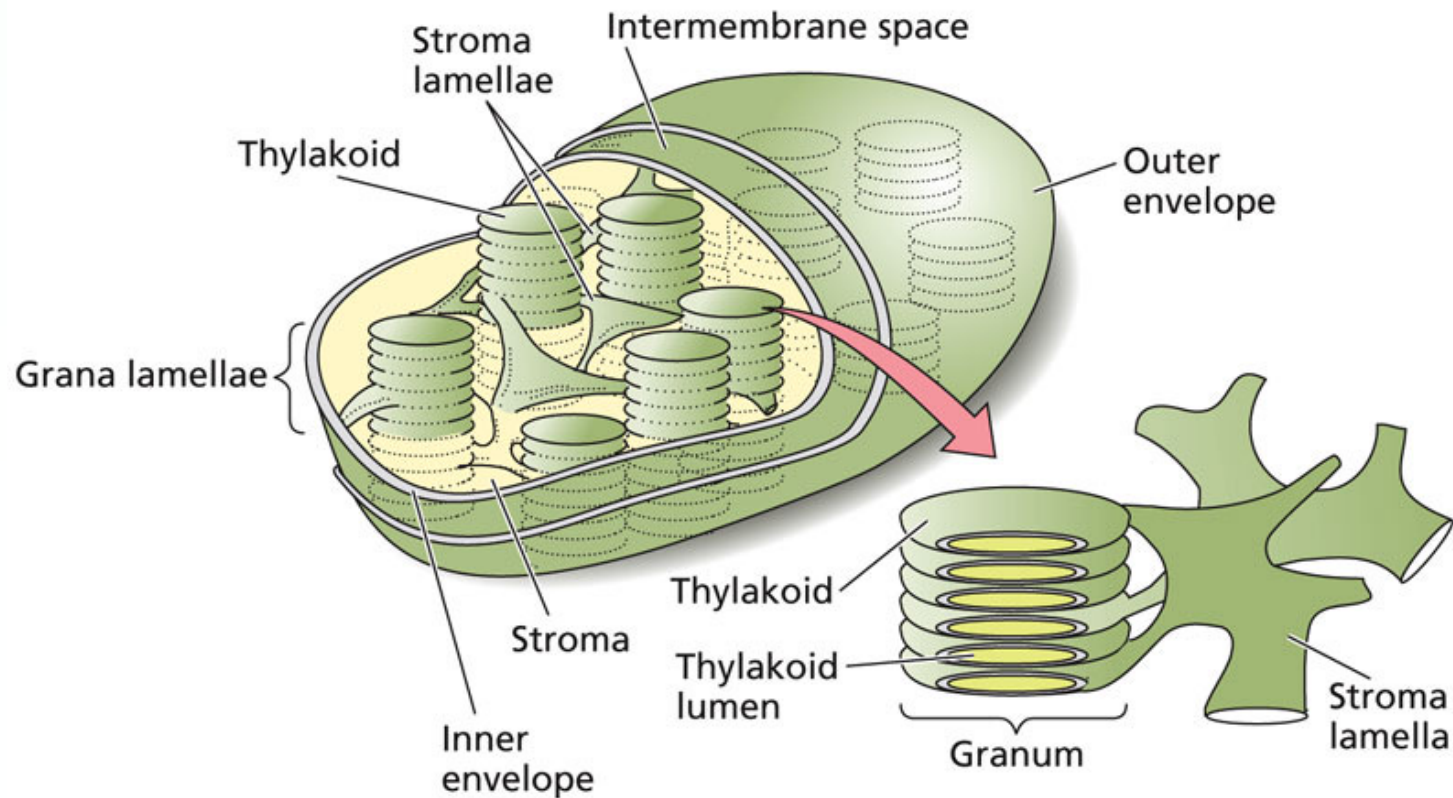
Endosymbiontentheorie

- Doppelmembran
- Eigene, zirkuläre DNA (Plastom)
- Eigene Transkriptions- und Translationsmaschinerie (bakterielle Merkmale)

Der Chloroplast

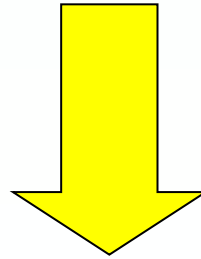
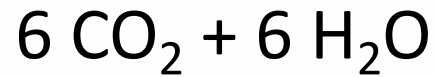


Der Chloroplast



PLANT PHYSIOLOGY, Fourth Edition, Figure 7.16 © 2006 Sinauer Associates, Inc.

Woher kommt der Sauerstoff?



Woher kommt der Sauerstoff?

1931	Cornelis Bernardus van Niel	Aufstellung der Assimilationsgleichung für photosynthetisch aktive Schwefelbakterien
------	-----------------------------	---

Bei anderen Wasserstoff-Donatoren entsteht kein molekularer Sauerstoff und man spricht von der **anoxygenen** Photosynthese:



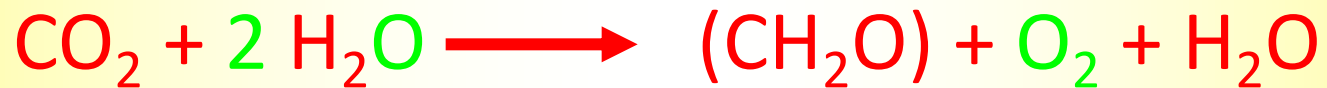
Wenn **H₂S** als Wasserstoff-Donor genutzt wird, entsteht **elementarer Schwefel**

(z.B. bei Purpurbakterien *Chromatium*, *Rhodospirillum* und Grünen Schwefelbakterien *Chlorobium*).



Die Oxygene Photosynthese

Ist Wasser der Wasserstoff-Donor, so spricht man von der **oxygenen** Photosynthese:



O₂ entsteht aus dem Sauerstoff des **H₂O** und nicht aus dem Sauerstoff des CO₂.



Allgemeine Photosynthese Gleichung

1931	Cornelis Bernardus van Niel	Aufstellung der Assimilationsgleichung für photosynthetische Schwefelbakterien
1941	S. Ruben, M. Randall, M. D. Kamen	Entdeckung, dass der bei der Photosynthese freigesetzte Sauerstoff aus dem Wasser stammt.

Allgemeine Photosynthese Gleichung:

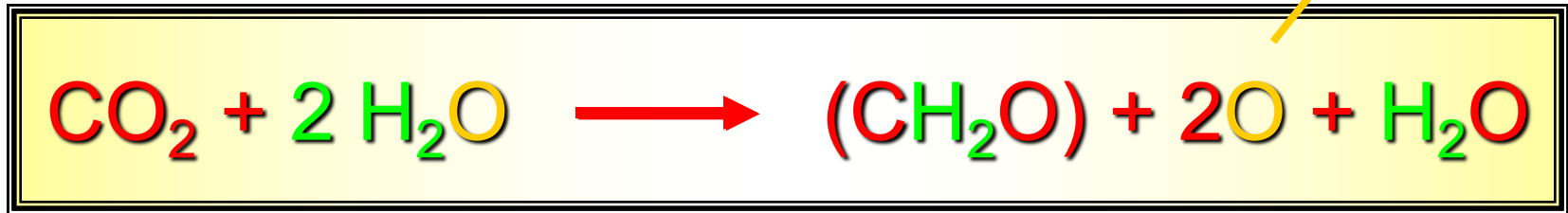


- H_2D wird oxidiert $\Rightarrow \text{D}$
- H_2D steht für Wasserstoff-Donor (= reduzierte Komponente)
- Wir wissen heute, dass bei Blaualgen und Pflanzen $\text{H}_2\text{D} = \text{H}_2\text{O}$ ist.

Allgemeine Photosynthese Gleichung

1931	Cornelis Bernardus van Niel	Aufstellung der Assimilationsgleichung für photosynthetische Schwefelbakterien
1941	S. Ruben, M. Randall, M. D. Kamen	Entdeckung, dass der bei der Photosynthese freigesetzte Sauerstoff aus dem Wasser stammt.

Allgemeine Photosynthese Gleichung:



- H_2D wird oxidiert $\Rightarrow \text{D}$
- H_2D steht für Wasserstoff-Donor (= reduzierte Komponente)
- Wir wissen heute, dass bei Blaualgen und Pflanzen $\text{H}_2\text{D} = \text{H}_2\text{O}$ ist.

Die Hill-Reaktion

1937

Robert Hill

Die O₂ Produktion verläuft **unabhängig von der CO₂ Reduktion**. Fe³⁺ kann anstelle von CO₂ als Elektronenakzeptor dienen.

Experiment mit **aufgebrochenen Spinatchloroplasten**:

Die Oxidation von Wasser (d.h. die O₂ - Bildung) **im Licht** kann in Abwesenheit von CO₂ erfolgen, wenn synthetische **Elektronen-Akzeptoren (A)** vorhanden sind.



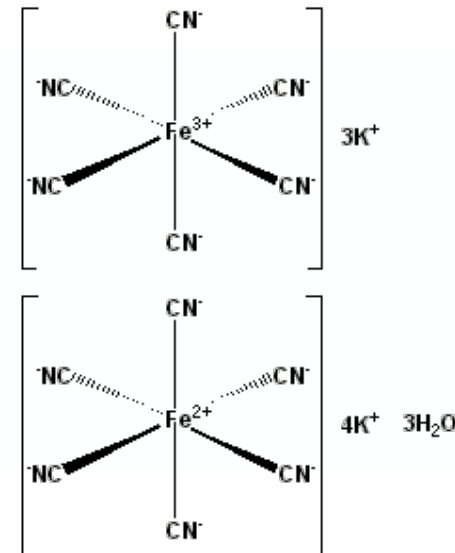
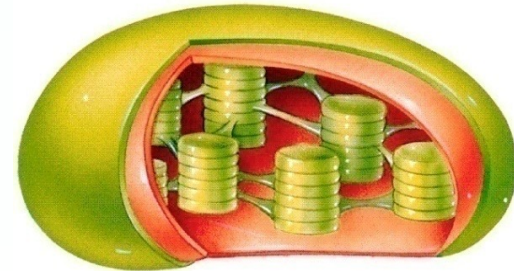
⇒ nicht CO₂ wird reduziert, sondern **A**.

A ist zum Beispiel **Fe³⁺**

(**Kaliumferricyanid** K₃[Fe^{III}(CN)₆]=K-Hexacyanoferrat III).

Die Sauerstoffbildung erlischt, wenn alle **Fe³⁺**- Ionen in **Fe²⁺**- Ionen (**Kaliumferrocyanid** K₄[Fe^{II}(CN)₆]) überführt worden sind.

Chloroplast
(3D-Schema)



www.biosite.dk 100706

Trennung von H₂O-Oxidation und CO₂-Reduktion

Schlussfolgerung aus dem Hill-Experiment



Die Oxidation von H₂O zu O₂ ist **nicht direkt** an die Reduktion von **CO₂** gekoppelt.

Ochoa und *Vishniac* fanden 1950, dass in der Zelle die Rolle des synthetischen (**A**) **Kaliumferricyanid** von **NADP⁺** übernommen wird:

Es entsteht ein **reduziertes Zwischenprodukt:**
NADPH

Lichtabhängige ATP-Bildung

1954	Daniel I. Arnon <i>et al.</i>	Entdeckung der Photophosphorylierung, der lichtabhängigen Bildung von ATP bei der Photosynthese.
------	-------------------------------	--

1. In Gegenwart von **ADP** und **Phosphat** synthetisieren Chloroplasten im Licht **ATP** (in Abwesenheit von CO_2)
2. Chloroplasten ohne Licht können CO_2 in Kohlenhydrate umwandeln, wenn **ATP** und **$\text{NADPH} + \text{H}^+$** (**Ochoa** und **Vishniac**) vorhanden sind (**CO_2 -Fixierung**).

Licht- und Dunkelreaktionen

Die Photosynthese kann unterteilt werden in:

- A) Die Lichtreaktionen,**
die H_2O verbrauchen,
 O_2 , ATP und NADPH produzieren.
- B) Die Dunkelreaktionen,**
die unter ATP und NADPH-Verbrauch
 CO_2 in Kohlenhydrat umwandeln.

Licht und Dunkel

